

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-170111

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

G06T 3/00  
G06T 7/20

(21)Application number : 2000-367376

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

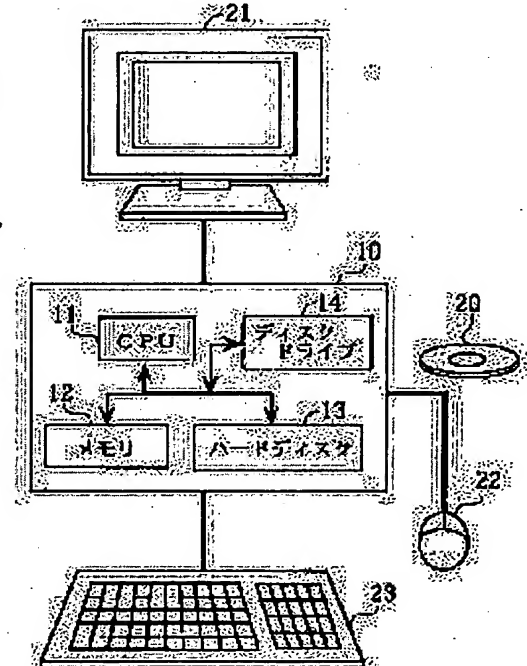
(22)Date of filing : 01.12.2000

(72)Inventor : CHIBA NAOKI

**(54) IMAGE SYNTHESIZING APPARATUS AND METHOD AND RECORDING MEDIUM RECORDING IMAGE SYNTHESIZING PROGRAM****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an image synthesizing apparatus providing panoramic images of high accuracy even in the absence of sufficient matching between point features due to small amount of textures on images.

**SOLUTION:** The image synthesizing apparatus for synthesizing two overlapping images includes a first means for extracting a linear segment of each image from the overlapping parts of the two image, a second means for obtaining the matching of the linear segments between both images, a third means for calculating a geometrical conversion parameter between both images, and a fourth means for synthesizing both images using the calculated geometrical conversion parameter.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 20.05.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 07.07.2005

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-170111

(P2002-170111A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002.6.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 6 T 3/00  
7/20

識別記号

4 0 0

F I

G 0 6 T 3/00  
7/20

テ-マ-ト\* (参考)

4 0 0 J 5 B 0 5 7  
B 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-367376 (P2000-367376)

(22) 出願日 平成12年12月1日 (2000.12.1)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 千葉 直樹

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三  
洋電機株式会社内

(74) 代理人 100086391

弁理士 香山 秀幸

Fターム(参考) 5B057 CA08 CA12 CA16 CB08 CB12

CB16 CD11 CE08 DA07 DA08

DB02 DC07 DC22

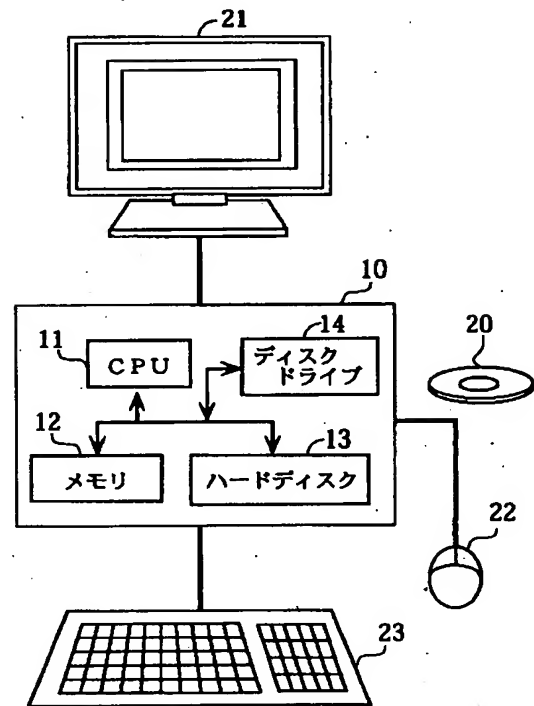
5L096 AA06 FA14 FA32 HA04

(54) 【発明の名称】 画像合成装置、画像合成方法および画像合成プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【目的】 この発明は、画像に模様（テクスチャ）が少なく、十分な点特徴の対応が得られない場合でも、精度の高いパノラマ画像が得られる画像合成装置を提供することを目的とする。

【構成】 重なり部分を有する2枚の画像を合成する画像合成装置において、2枚の画像の重なり部分から、各画像の直線セグメントを抽出する第1手段、両画像間での直線セグメントの対応づけを獲得する第2手段、獲得された両画像間での直線セグメントの対応づけから、両画像間の幾何変換パラメータを算出する第3手段、および算出された幾何変換パラメータを用いて、両画像を合成する第4手段を備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重なり部分を有する2枚の画像を合成する画像合成装置において、  
2枚の画像の重なり部分から、各画像の直線セグメントを抽出する第1手段、  
両画像間での直線セグメントの対応づけを獲得する第2手段、  
獲得された両画像間での直線セグメントの対応づけから、両画像間の幾何変換パラメータを算出する第3手段、および算出された幾何変換パラメータを用いて、両画像を合成する第4手段、  
を備えていることを特徴とする画像合成装置。

【請求項2】 第2手段は、  
両画像間のオプティカルフローを推定する手段、  
得られたオプティカルフロー推定結果を用いて、一方の第1画像のある直線セグメントの端点の座標から他方の第2画像での座標を予測する手段、および予測された第2画像での端点の座標値と最もマッチング度が高い第2画像の直線セグメントを探索する手段、  
を備えている請求項1に記載の画像合成装置。

【請求項3】 重なり部分を有する2枚の画像を合成する画像合成方法において、  
2枚の画像の重なり部分から、各画像の直線セグメントを抽出する第1ステップ、  
両画像間での直線セグメントの対応づけを獲得する第2ステップ、  
獲得された両画像間での直線セグメントの対応づけから、両画像間の幾何変換パラメータを算出する第3ステップ、および算出された幾何変換パラメータを用いて、両画像を合成する第4ステップ、  
を備えていることを特徴とする画像合成方法。

【請求項4】 第2ステップは、  
両画像間のオプティカルフローを推定するステップ、  
得られたオプティカルフロー推定結果を用いて、一方の第1画像のある直線セグメントの端点の座標から他方の第2画像での座標を予測するステップ、および予測された第2画像での端点の座標値と最もマッチング度が高い第2画像の直線セグメントを探索するステップ、  
を備えている請求項3に記載の画像合成方法。

【請求項5】 重なり部分を有する2枚の画像を合成する画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、  
2枚の画像の重なり部分から、各画像の直線セグメントを抽出する第1ステップ、  
両画像間での直線セグメントの対応づけを獲得する第2ステップ、  
獲得された両画像間での直線セグメントの対応づけから、両画像間の幾何変換パラメータを算出する第3ステップ、および算出された幾何変換パラメータを用いて、両画像を合成する第4ステップ、

をコンピュータに実行させめるための画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項6】 第2ステップは、  
両画像間のオプティカルフローを推定するステップ、  
得られたオプティカルフロー推定結果を用いて、一方の第1画像のある直線セグメントの端点の座標から他方の第2画像での座標を予測するステップ、および予測された第2画像での端点の座標値と最もマッチング度が高い第2画像の直線セグメントを探索するステップ、  
を備えている請求項5に記載の画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、画像合成装置、画像合成方法および画像合成プログラムを記録した記録媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】〔1〕従来のオプティカルフローの算出方法についての説明

【0003】2枚の画像からオプティカルフローを計算し、得られたオプティカルフローに基づいて、2枚の画像間での位置合わせを行う技術が知られている。従来のオプティカルフローの算出方法について説明する。

## 【0004】(1) Lucas-Kanade法

従来から、動画像における運動物体の見かけの速度場（オプティカルフロー）を計算する手法が数多く提案されている。中でも局所勾配法であるLucas-Kanade法は、最も良い手法の一つである。その理由は、処理が高速、実装が容易、結果が信頼度を持つことである。

【0005】Lucas-Kanade法の詳細については、文献：B.Lucas and T.Kanade, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision," In Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence(IJCAI-81), pp. 674-979, 1981を参照のこと。

【0006】以下に、Lucas-Kanade法の概要を述べる。ある時刻 $t$ の画像座標 $p = (x, y)$ の濃淡パターン $I(x, y, t)$ が、ある微小時間後( $\delta t$ )に座標 $(x + \delta x, y + \delta y)$ に、その濃淡分布を一定に保ったまま移動した時、次のオプティカルフロー拘束式1が成り立つ。

## 【0007】

## 【数1】

$$\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\delta x}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial y} \frac{\delta y}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

【0008】2次元画像でオプティカルフロー $\{v = (\delta x / \delta t, \delta y / \delta t) = (u, v)\}$ を計算するには、未知パラメータ数が2個であるので、もう一個拘束式が必要である。LucasとKanade(金出)は、同一物

体の局所領域では、同一のオプティカルフローを持つと仮定した。

【0009】例えば、画像上の局所領域 $\omega$ 内で、オプティカルフローが一定であるとする、最小化したい濃淡パターンの二乗誤差 $E$ は、

$$I_0(p) = I(x, y, t), \\ I_1(p+v) = I(x+u, y+v, t+\delta t)$$

と書き改めると、次式2で定義できる。

【0010】

【数2】

$$E = \sum [I_1(p+v) - I_0(p)]^2$$

【0011】ここで、 $v$ が微少な場合には、テーラー展開の2次以上の項を無視できるので、次式3の関係が成り立つ。

【0012】

【数3】

$$I_1(p+v) = I_1(p) + g(p)v$$

【0013】ここで、 $g(p)$ は、 $I_1(p)$ の一次微分である。

【0014】誤差 $E$ が最小になるのは、 $E$ の $v$ に対する微分値が0の時であるので、次式4の関係が成り立つ。

【0015】

【数4】

$$0 = \frac{\partial}{\partial v} E \\ = \frac{\partial}{\partial v} \sum [I_1(p) + g(p)v - I_0(p)]^2 \\ = \sum 2g(p)[I_1(p) + g(p)v - I_0(p)]$$

【0016】故にオプティカルフロー $v$ は次式5で求められる。

【0017】

【数5】

$$v = \frac{\sum g(p)[I_0(p) - I_1(p)]}{\sum g(p)^2}$$

【0018】更に、次式6に示すように、ニュートン・ラフソンの反復演算によって精度良く求めることができる。

【0019】

【数6】

$$v_{k+1} = v_k + \frac{\sum g_k[I_0 - I_1^*]}{\sum (g_k)^2} \\ I_1^* = I_1(p+v_k), \\ g_k = g(p+v_k), \\ I_0 = I_0(p)$$

【0020】(2) 階層的推定法

Lucas-Kanade法を含む勾配法の最も大きな問題点は、良

好な初期値が必要なために、大きな動きに対しては適用できないことである。そこで、従来からピラミッド階層構造型に数段回の解像度の異なる画像を作成して解決する方法が提案されている。

【0021】これは、まず、2枚の連続した画像から、予めそれぞれの画像の数段階の解像度の異なる画像を作成する。次に、最も解像度の低い画像間において、おおまかなオプティカルフローを計算する。そして、この結果を参考にして、一段解像度の高い画像間においてより精密なオプティカルフローを計算する。この処理を最も解像度の高い画像間まで順次繰り返す。

【0022】図4は原画像を、図3は図4の原画像より解像度の低い画像を、図2は図3の低解像度画像より解像度の低い画像を、図1は図2の低解像度画像より解像度の低い画像を、それぞれ示している。図1～図4において、 $S$ は、1つのパッチを示している。

【0023】図1の画像(階層1の画像)、図2の画像(階層2の画像)、図3の画像(階層3の画像)および図4の画像(階層4の画像)の順番で段階的にオプティカルフローが求められる。図1～図4において矢印は、パッチ毎に求められたオプティカルフローベクトルを示している。

【0024】しかしながら、ここでの問題点は、実画像では、十分な模様(テクスチャ)を含む領域が少なく、信頼性のあるオプティカルフローが得られないことにある。

【0025】〔2〕本出願人が開発したオプティカルフロー算出方法についての説明。

【0026】本出願人が開発したオプティカルフロー算出方法は、ピラミッド階層型に数段回の解像度の異なる画像を作成して、オプティカルフローを段階的に計算する階層的推定を前提としている。オプティカルフローの計算方法は、Lucas-Kanade法等の勾配法に従う。つまり、階層構造化した勾配法によるオプティカルフロー推定法を前提としている。ここでは、勾配法としてLucas-Kanade法が用いられている。

【0027】本出願人が開発したオプティカルフロー推定方法の特徴は、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られたオプティカルフローを、膨張処理によって補完することにある。以下、これについて詳しく説明する。

【0028】Lucas-Kanade法の長所の一つは、追跡結果が信頼性を持つことである。TomasiとKanadeとは、ある領域の追跡可能性が、以下のように微分画像から算出できることを示した(C.Tomasi and T.Kanade, "Shape and Motion from Image Streams: a Factorization method-Part 3 Detection and Tracking of Point Features", CMU-CS-91-132, Carnegie Mellon University, 1991.)。

【0029】ある領域画像 $\omega$ の垂直・水平方向の微分の

2乗を要素に持つ次式7の $2 \times 2$ の係数行列Gから、その固有値を計算することで、その領域の追跡可能性を決定することができる。

【0030】

【数7】

$$G = \sum_{p,q} g(p)g(q)^T$$

【0031】この行列Gの固有値が両方とも大きい場合には、その領域は直交方向に変化を持ち、一意の位置決めが可能である。従って、小さい方の固有値 $\lambda_{\min}$ と、追跡後の領域間の濃淡残差Eから、追跡結果の信頼度 $\gamma$ を次式8によって得ることができる。

【0032】

【数8】

$$\gamma = \frac{\lambda_{\min}}{E}$$

【0033】本発明者らは、オプティカルフローの同一階層内で信頼度の高い結果を用いて、信頼度の低い領域を補間する方法を開発した。これは、一段階粗い階層での結果を、追跡の初期値だけに用いて、着目している現段階の階層の結果には何も利用しない。代わりに、テクスチャの少ない領域のオプティカルフローはその周囲のオプティカルフローに近い値を持つと仮定し、モルフォロジー処理によりフロー場を補完するものである。

【0034】図5にフローベクトルの膨張処理の様子を示す。

【0035】左図は、フローベクトルの信頼度のマップを濃淡で表したものである。ここで、黒ければ黒い程信頼度が高いとする。

【0036】まず、得られたフローをしきい値処理する。白い部分は、結果の信頼度が低いために、しきい値処理されたものである。

【0037】次に、2値画像でのモルフォロジー演算による穴埋め処理を模して、フロー場において結果の膨張処理を次のように行う。ある領域 $i, j$ のフローベクトル $u(i, j)$ は、その4近傍のフローベクトルから信頼度 $\gamma$ に応じて重み付けを行って次式9のように計算できる。

【0038】

【数9】

$$u(i, j) = \sum_{p,q} \frac{\gamma(i+p, j+q) \times u(i+p, j+q)}{\gamma_A}$$

$$(p, q) = (0, 1), (0, -1), (-1, 0), (1, 0)$$

$$\gamma_A = \sum_{p,q} \gamma(i+p, j+q)$$

【0039】この処理を、しきい値処理されたすべての信頼度の低い領域が埋まるまで、繰り返す。この補完処理を、各階層において行う。なお、ある領域 $i, j$ のフローベクトル $u(i, j)$ を、その8近傍のフローベ

トルから信頼度 $\gamma$ に応じて重み付けを行って算出するようにしてもよい。

【0040】図6(a)は、ある階層の画像に対してしきい値処理されたオプティカルフローを示し、図6

(b)は補完後のオプティカルフローを示している。図6(a)において、矢印はしきい値処理によって信頼度が高いと判定されたオプティカルフローベクトルであり、×印は信頼度が低いとされた部分を示している。

【0041】〔3〕従来のパノラマ画像の生成方法の説明

広い視野の画像を獲得する方法には、魚眼レンズや鏡を用いた全方位センサなどを用いる方法があるが、高価であり、解像度が低いという問題がある。

【0042】一方、通常のカメラで撮像した複数の画像を貼りあわせてパノラマ画像を合成する手法が提案されている。この種の画像合成方法として、本特許出願人が開発した方法が知られている(特開平11-339021号公報参照)。本特許出願人が既に開発している画像合成方法では、画像の特徴的な小方形画像(点特徴)を抽出し、これらの特徴点を2枚の画像間で対応づけ、それらの対応関係から2枚の画像間の幾何変換パラメータを算出することによって、パノラマ画像を合成する。

【0043】しかしながら、上記従来方法では、建物の単色の壁など、点特徴が十分に得られない場合には、精度高く幾何変換パラメータを算出することが困難であるという問題がある。

【0044】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、画像に模様(テクスチャ)が少なく、十分な点特徴の対応が得られない場合でも、精度の高いパノラマ画像が得られる画像合成装置、画像合成方法、画像合成プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0045】

【課題を解決するための手段】この発明による画像合成装置は、重なり部分を有する2枚の画像を合成する画像合成装置において、2枚の画像の重なり部分から、各画像の直線セグメントを抽出する第1手段、両画像間での直線セグメントの対応づけを獲得する第2手段、獲得された両画像間での直線セグメントの対応づけから、両画像間の幾何変換パラメータを算出する第3手段、および算出された幾何変換パラメータを用いて、両画像を合成する第4手段を備えていることを特徴とする。

【0046】第2手段としては、たとえば、両画像間のオプティカルフローを推定する手段、得られたオプティカルフロー推定結果を用いて、一方の第1画像のある直線セグメントの端点の座標から他方の第2画像での座標を予測する手段、および予測された第2画像での端点の座標値と最もマッチング度が高い第2画像の直線セグメントを探索する手段を備えているものが用いられる。

【0047】この発明による画像合成方法は、重なり部

分を有する2枚の画像を合成する画像合成方法において、2枚の画像の重なり部分から、各画像の直線セグメントを抽出する第1ステップ、両画像間での直線セグメントの対応づけを獲得する第2ステップ、獲得された両画像間での直線セグメントの対応づけから、両画像間の幾何変換パラメータを算出する第3ステップ、および算出された幾何変換パラメータを用いて、両画像を合成する第4ステップを備えていることを特徴とする。

【0048】第2ステップは、たとえば、両画像間のオプティカルフローを推定するステップ、得られたオプティカルフロー推定結果を用いて、一方の第1画像のある直線セグメントの端点の座標から他方の第2画像での座標を予測するステップ、および予測された第2画像での端点の座標値と最もマッチング度が高い第2画像の直線セグメントを探索するステップを備えている。

【0049】この発明による画像合成処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、2枚の画像の重なり部分から、各画像の直線セグメントを抽出する第1ステップ、両画像間での直線セグメントの対応づけを獲得する第2ステップ、獲得された両画像間での直線セグメントの対応づけから、両画像間の幾何変換パラメータを算出する第3ステップ、および算出された幾何変換パラメータを用いて、両画像を合成する第4ステップをコンピュータに実行させるための画像合成処理プログラムを記録していることを特徴とする。

【0050】第2ステップは、たとえば、両画像間のオプティカルフローを推定するステップ、得られたオプティカルフロー推定結果を用いて、一方の第1画像のある直線セグメントの端点の座標から他方の第2画像での座標を予測するステップ、および予測された第2画像での端点の座標値と最もマッチング度が高い第2画像の直線セグメントを探索するステップを備えている。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について説明する。

【0052】〔2〕パノラマ画像合成装置の説明

【0053】図7は、パノラマ画像合成装置の構成を示している。

【0054】パノラマ画像合成装置は、パーソナルコンピュータによって実現される。パーソナルコンピュータ10には、ディスプレイ21、マウス22およびキーボード23が接続されている。パーソナルコンピュータ10は、CPU11、メモリ12、ハードディスク13、CD-ROMのようなリムーバブルディスクのドライブ(ディスクドライブ)14を備えている。

【0055】ハードディスク13には、OS(オペレーティングシステム)等の他、パノラマ画像合成処理プログラムが格納されている。パノラマ画像合成処理プログラムは、それが格納されたCD-ROM20を用いて、ハードディスク13にインストールされる。また、ハー

ドディスク13には、デジタルカメラによって撮像された複数の画像が予め格納されているものとする。

【0056】〔2〕パノラマ画像合成プログラムが起動せしめられた場合にCPU11によって行われるパノラマ画像合成処理の説明

【0057】図8は、CPU11によって行われるパノラマ画像合成処理手順を示している。

【0058】ここでは、説明の便宜上の2枚の画像を合成して、パノラマ画像を生成する場合について説明する。

【0059】まず、合成されるべき2枚の画像をメモリ12に読み込む(ステップ1)。説明の便宜上、ここでは、重なり部を有する2枚の画像(第1画像A1及び第2画像A2)がメモリ12に読み込まれたとする。

【0060】第1画像A1と第2画像A2との重なり部の抽出処理が行われる(ステップ2)。この重なり部の抽出処理は、たとえば、以下に述べるSSD法(Sum of Squared Difference)または正規化相互相関法に基づいて行われる。なお、入力画像がビデオ映像のように、フレーム間の差異が小さい場合には、このステップを省略することができる。

【0061】(a) SSD法の説明

SSD法では、まず、重なり部を抽出すべき2枚の画像A1、A2それぞれについて、原画像より解像度の低い画像 $I_1$ 、 $I_2$ が生成される。2枚の低解像度画像 $I_1$ 、 $I_2$ の重なり部分 $\omega$ (サイズ:  $M \times N$ )が、次式10に示すように画素あたりの2乗誤差Eを用いて求められる。画像間の移動量(d)が可能な範囲で変化せしめられ、Eが最も小さい移動量(d)から、重なり部が抽出される。

【0062】

【数10】

$$E(d) = \frac{\sum_{\omega} (I_1(x) - I_2(x+d))^2}{M \times N}$$

【0063】(b) 正規化相互相関法の説明

正規化相互相関法では、まず、重なり部を抽出すべき2枚の画像A1、A2それぞれについて、原画像より解像度の低い画像 $I_1$ 、 $I_2$ が生成される。2枚の低解像度画像 $I_1$ 、 $I_2$ の重なり部分 $\omega$ (サイズ:  $M \times N$ )が、次式11に示すように正規化相互相関係数Cを用いて求められる。画像間の移動量(d)が可能な範囲で変化せしめられ、Cが最も大きな移動量(d)から、重なり部が抽出される。

【0064】

【数11】

$$C(d) = \frac{\sum_{\omega} (I_1(x) - \bar{I}_1)(I_2(x+d) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}}$$

【0065】式11において、 $\bar{I}_1$ 、 $\bar{I}_2$ は、第1

画像を固定させ、第2画像をdだけ移動させたときの、両画像の重なり部における各画像それぞれの濃淡値の平均である。また、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ は、第1画像 $I_1$ を固定させ、第2画像 $I_2$ をdだけ移動させたときの、両画像の重なり部における各画像それぞれの濃淡値の分散である。

【0066】次に、線特徴抽出処理が行われる（ステップ3）。つまり、第1画像A1における第2画像A2との重なり部分から、各画像A1、A2の線特徴を抽出する。

【0067】これには、一般的な方法を用いる。例えば、Cannyのエッジ抽出処理(J. F. Canny "Finding edges and lines in images," MIT Technical Report, AI-TR-720, 1983)によってエッジを抽出した後、得られたエッジ画素列を直線毎に分割する。各直線毎に分割されたエッジ画素を用いて、直線の方程式をあてはめる。ここで、各直線セグメントが持つ属性は、直線の方程式、端点の座標に加えて、直線のどちらかが明るいかの情報、すなわち、エッジの変化の方向を使う。

【0068】次に、線特徴対応づけ処理が行われる（ステップ4）。各画像A1、A2で抽出された直線セグメントを画像A1、A2間で対応づける。

【0069】ここでは、文献（千葉直樹、金出 武雄、「途切れや近接配置にロバストな線特徴追跡」、電子情報通信学会論文誌 Vol J81-D-II No.8, 1998）に記載された方法によって、各画像A1、A2で抽出された直線セグメントを画像A1、A2間で対応づける。線特徴対応づけ処理は、次の3ステップからなる。

【0070】（1）第1のステップ

第1のステップは、画像間のオプティカルフローを推定するステップである。このステップでは、本出願人が開発したオプティカルフロー推定方法（従来技術の説明の欄の〔2〕参照）に基づいてパッチ毎にオプティカルフローを推定する。この際、信頼度に基づいて信頼度がしきい値よりも低いパッチの結果を捨て、まわりの信頼度の高いパッチの結果を用いて膨張処理により補完する。また、これらの処理は、解像度を変えて作成したピラミッド画像を用いて粗密解析的に行われる。

【0071】（2）第2のステップ

第2のステップは、得られたオプティカルフロー推定結果を用いて、第1画像A1のある直線セグメントの端点の座標から第2画像での座標を算出するステップである。端点の座標に対するフローベクトルを近傍のパッチのオプティカルフロー推定結果を用いて双線形補間により画素以下の単位で算出する。

【0072】（3）第3のステップ

第3のステップでは、予測された第2画像での座標値と最もマッチする第2画像の直線セグメントを探索するステップである。

【0073】ここで、第3のステップでは、次に示す類

似度に基づいて探索を行う。ここで、図9に示すように画像間のオプティカルフロー推定を用いて計算された、第1画像のある直線セグメントの第2画像での直線セグメントの位置を $L_i$ とし、第2画像の直線セグメントの中で着目している直線セグメントを $L_j$ とする。そして、これら両直線セグメント $L_i$ 、 $L_j$ 間の距離Dと重なり率Pを定義する。この時、2直線セグメント間の方程式から計算される中線を利用する。まず、距離Dは、各直線セグメントから中線までの距離の和とし、次式12で示される。

【0074】

【数12】

$$D = d_i + d_j$$

【0075】また、重なり率Pは、各直線セグメントを中線に投影し、それらの投影された両直線セグメントが共通して存在する長さ $P_c$ と、どちらか一方の直線が存在する長さ $P_w$ から次式13で示される。

【0076】

【数13】

$$P = \frac{P_c}{P_w}$$

【0077】そして、これらの距離Dと重なり率Pから、類似度Sは次式14で示される。

【0078】

【数14】

$$S = \frac{1}{k_d D + k_p P}$$

【0079】ただし、 $k_d$  および  $k_p$  は、定数であり、実験的に定める。

【0080】この類似度Sを用いて、最も類似度の高い直線セグメントを、最もマッチしたものとして選択する。

【0081】次に、幾何変換パラメータが算出される（ステップ5）。

【0082】上記ステップ4で獲得された直線セグメントの対応から、画像間の幾何変換パラメータを算出する。ここでは、幾何変換モデルとして平面射影変換を例に説明する。まず、直線セグメントの属性から直線セグメントを同次座標で表現する（O. Faugeras, "Three-Dimensional Computer Vision: A Geometric Viewpoint," MIT Press, 1993 参照）。

【0083】ここで、同次座標で表現された第1画像の直線セグメント $l_i$ と、対応する第2画像の直線セグメント $l_j$ の間には、幾何変換 $H_i$ を用いて、次式15で表される関係が成り立つ。

【0084】

【数15】

$$l_j = H_i l_i$$

【0085】ここで、行列 $H_i$ は、4組以上の直線セグ



メントの対応を用いて算出できる。また、2画像間の座標の幾何変換行列 $H_i$ は、この $H_i$ から次式16で算出できる(0. Faugeras, "Three-Dimensional Computer Vision: A Geometric Viewpoint," MIT Press, 1993 参照)。

【0086】

【数16】

$$H_i = (H_i')^{-1}$$

【0087】ここで、 $t$ は行列の転置、 $A^{-1}$ は行列 $A$ の逆行列を示す。

【0088】次に、画像合成処理が行なわれる(ステップ6)。

【0089】第1画像 $A_1$ および第2画像 $A_2$ と、ステップ5で算出された幾何変換行列 $H_i$ とに基づいて、第1画像 $A_1$ と第2画像 $A_2$ とが合成される。

【0090】

【発明の効果】この発明によれば、画像に模様(テクスチャ)が少なく、十分な点特徴の対応が得られない場合でも、精度の高いパノラマ画像が得られるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、階層的推定法を説明するための図であって、階層1の画像を示す模式図である。

【図2】図2は、階層的推定法を説明するための図であって、階層2の画像を示す模式図である。

【図3】図3は、階層的推定法を説明するための図であ\*

＊って、階層3の画像を示す模式図である。

【図4】図4は、階層的推定法を説明するための図であって、階層4の画像を示す模式図である。

【図5】図5は、実施例で採用されたオプティカルフロー推定方法において行われる膨張処理を説明するための模式図である。

【図6】図6(a)は、ある階層の画像に対してしきい値処理されたオプティカルフローの例を示す模式図であり、図6(b)は、補完後のオプティカルフローを示す模式図である。

【図7】図7は、パノラマ画像合成装置の構成を示すブロック図である。

【図8】図8は、パノラマ画像合成処理手順を示すフローチャートである。

【図9】線特徴対応づけ処理を説明するための模式図である。

【符号の説明】

10 パーソナルコンピュータ

11 CPU

12 メモリ

13 ハードディスク

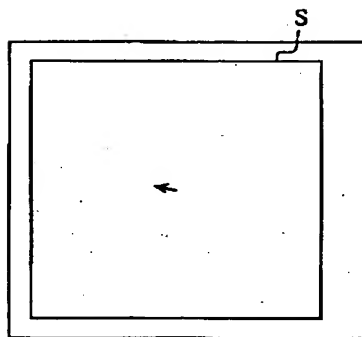
14 リムーバブルディスクのドライブ

21 ディスプレイ

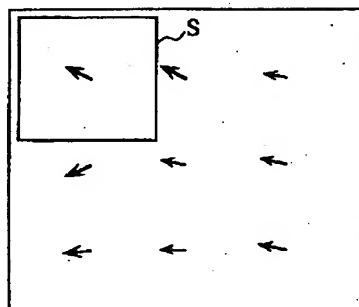
22 マウス

23 キーボード

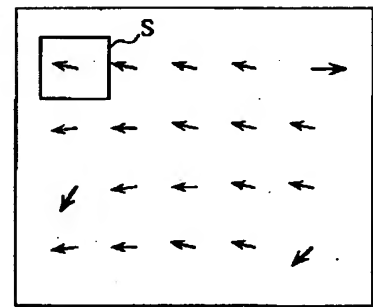
【図1】



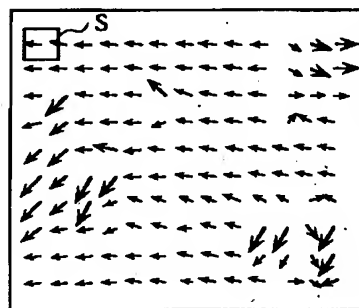
【図2】



【図3】

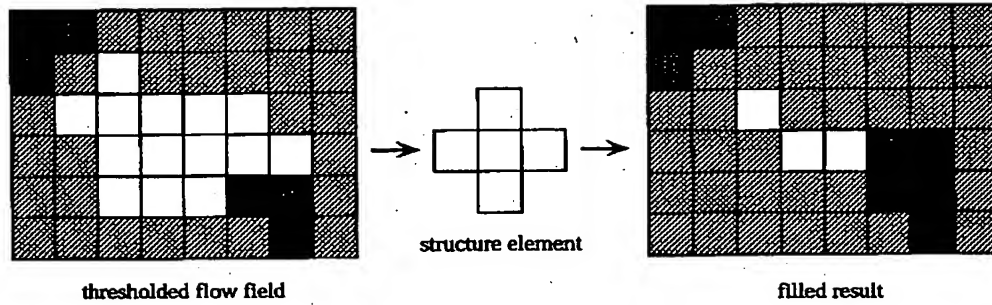


【図4】

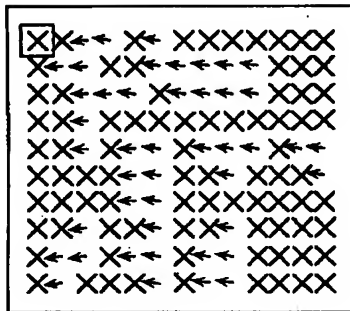




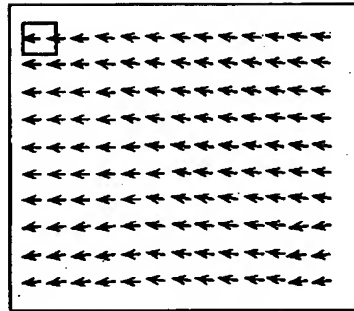
【図5】



【図6】

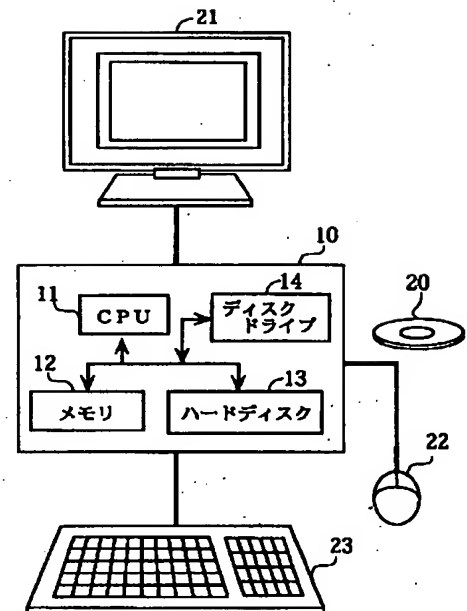


(a)

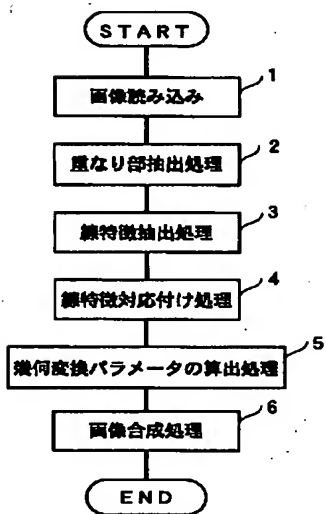


(b)

【図7】



【図8】



【図9】

